

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: 88400701.4

⑤① Int. Cl.⁴: **G 02 B 27/00**

㉔ Date de dépôt: 23.03.88

③① Priorité: 31.03.87 FR 8704484

④③ Date de publication de la demande:
12.10.88 Bulletin 88/41

⑥④ Etats contractants désignés: **BE DE GB IT**

⑦① Demandeur: **THOMSON-CSF**
173, Boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cédex 08 (FR)

⑦② Inventeur: **Antier, Catherine**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

Migozzi, Jean-Blaise
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

⑦④ Mandataire: **Trocellier, Roger et al**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

⑤④ **Viseur binoculaire, holographique et à grand champ, utilisable sur casque.**

⑤⑦ Viseur permettant d'obtenir un grand champ de 60° en vertical sur 120° en horizontal, en binoculaire.

Il est constitué pour chaque voie de vision monoculaire d'un générateur d'image (1A), par exemple un tube miniature cathodique, d'une optique relais (2A); d'une optique de collimation et de combinaison groupant une lame mélangeuse (3A) holographique (H1) pour transmettre la voie paysage et réfléchir la voie image et d'un dispositif combineur (4A) biconvexe formé deux éléments optiques sphériques (41,42) holographiques utilisés sur l'axe (H2,H3) pour transmettre les deux voies avec collimation par diffraction de la voie image. Une zone axiale circulaire de rendement photométrique nul est produite pour chaque vision monoculaire et se trouve compensée par le recouvrement des champs en vision binoculaire et, complémentaiement, par la réalisation d'hologrammes miroirs à modulation d'indice variable.

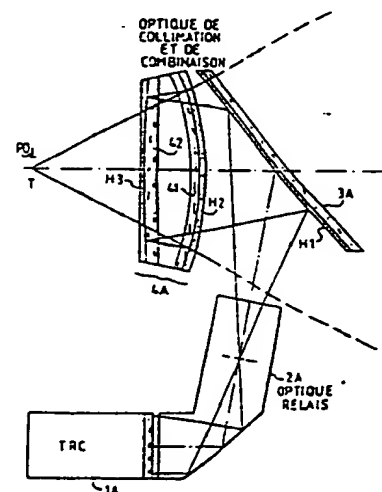


FIG. 2

Description

VISEUR BINOCULAIRE, HOLOGRAPHIQUE ET A GRAND CHAMP, UTILISABLE SUR CASQUE

La présente invention concerne un viseur binoculaire, holographique et à grand champ.

On entend par viseur un dispositif dans lequel une image lumineuse collimatée est observée en superposition sur la vision du paysage extérieur. Une optique collimatrice renvoie à l'infini l'image lumineuse correspondant aux données à collimater ; ceci se traduit par l'absence d'effort d'accommodation pour l'oeil de l'observateur et un grand confort visuel. De manière conventionnelle, l'image lumineuse est renvoyée par une optique de combinaison vers l'observateur ; cette optique est traversée par le rayonnement provenant du paysage extérieur. Ainsi, l'observateur, tel le pilote d'un aéronef, voit en superposition sur le paysage l'image lumineuse collimatée correspondant, par exemple, à une image synthétique de données de pilotage.

Les techniques récentes dans le domaine des collimateurs tête haute sont dirigées essentiellement vers un accroissement du champ de vision instantanée de l'image collimatée, ainsi que vers l'obtention d'un rendement optique amélioré.

Une solution connue consiste à utiliser un miroir sphérique sur l'axe ce qui permet également de limiter les aberrations optiques. Suivant une réalisation de ce genre décrite dans la demande de brevet français publiée sous le N°2 542 459, l'axe optique du miroir sphérique correspond à l'axe normal de vision de l'observateur dont l'oeil est placé au centre du miroir ; ce dernier est combiné avec un miroir plan semi-transparent qui a pour rôle de renvoyer l'axe optique du générateur d'image lumineuse vers le miroir sphérique côté concave lequel produit la collimation et renvoie l'image collimatée vers l'observateur. Pour accroître le rendement on utilise un miroir sphérique holographique qui réfléchit la longueur d'onde correspondant au générateur d'image qui peut consister en une visualisation à tube cathodique. Le principal inconvénient de cette solution est que le champ circulaire, bien qu'agrandi, reste cependant limité à des valeurs de l'ordre de 30° à 40° en vision monoculaire. Pour un accroissement plus important du champ on est amené à une utilisation hors d'axe du miroir sphérique car le miroir plan partiellement transparent se trouve alors trop rapproché de l'oeil de l'observateur ; il en résulte des aberrations optiques et des difficultés de mise en oeuvre.

Suivant une autre solution indiquée dans "Optical Engineering" de Sept./Oct. 1985/Vol. 24-N°5/pages 769-780, article intitulé "Holographic mirrors", on utilise un miroir semi-transparent plan pour renvoyer l'axe du générateur d'images lumineuses vers l'oeil de l'observateur. Le rayonnement correspondant réfléchi par ce miroir traverse un miroir sphérique, lequel est suivi par un montage plan biréfringent perpendiculaire à l'axe optique du miroir sphérique correspondant à la direction normale de vision. L'utilisation de ce montage biréfringent coopère avec un polariseur en amont pour polariser le rayonnement de l'image lumineuse et permet de la

recupérer ensuite après collimation par le miroir sphérique. On obtient ainsi une sélection de la voie du paysage et celle de l'imagerie en fonction de leur polarisation. Cette solution permet une augmentation du champ qui peut atteindre 60° vertical sur 135° horizontal en binoculaire (le champ monoculaire étant de 80° circulaire), mais elle n'est absolument pas performante du point de vue photométrique et pose des problèmes pour une utilisation en situation réelle. En effet, la transmission sur la voie optique d'observation du paysage est inférieure à 10% et celle sur la voie d'observation de l'image synthétique est limitée à 1,6% environ. Ceci résulte des pertes introduites sur les miroirs lors des multiples réflexions et transmissions, et par traversée des polariseurs. Il n'est pas possible d'utiliser un hologramme, le système étant totalement sur l'axe, les voies ne sont pas séparables par holographie.

Le but de l'invention est de remédier aux inconvénients précités et de réaliser un dispositif de visualisation avec un champ encore agrandi et un rendement énergétique important tout en constituant un système ergonomique. A titre indicatif, la solution proposée dans ce qui suit permet d'obtenir aisément, en vision binoculaire, un champ de l'ordre de 60° en site sur environ 120° en gisement, avec des rendements de l'ordre de 40% pour la voie image et 30% pour la voie paysage.

Un autre objet de l'invention est l'utilisation sur casque d'un viseur binoculaire conforme à l'invention.

Le but précité est atteint en réalisant un viseur binoculaire utilisant, en vision monoculaire, un dispositif collimateur groupant successivement : un générateur d'une image lumineuse à collimater, une formule optique relais, et un ensemble optique de collimation et de combinaison, cet ensemble étant composé d'un élément optique mélangeur pour transmettre la voie du paysage et réfléchir la voie image et qui est suivi de deux éléments optiques collimateurs dont un premier élément sphérique utilisé sur l'axe, pour transmettre les deux voies avec collimation de la voie image. L'élément optique mélangeur, ainsi que les deux éléments optiques collimateurs comportent chacun un hologramme. L'élément optique mélangeur est constitué préférentiellement d'une lame plane holographique dont l'hologramme est du type miroir qui permet d'assurer une transmission élevée de la voie du paysage conjointement avec une réflexion optimale de la voie image. Le deuxième élément optique collimateur est également sphérique comme le premier et coaxial avec celui-ci, mais de plus faible courbure, pour former avec ce premier élément un ensemble bi-convexe disposé en aval de l'élément optique mélangeur suivant le sens du trajet optique de la voie image. Les hologrammes des deux éléments optiques collimateurs sont déterminés pour assurer la diffraction par réflexion dans une bande spectrale délimitée correspondante à celle de la voie image.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui suit donnée à titre d'exemple, à l'aide des figures annexées qui représentent :

- Fig.1, un schéma en perspective d'un viseur binoculaire conforme à l'invention porté par un observateur ;

- Fig.2, un schéma général des éléments du viseur de la figure 1 intervenant pour chaque chaîne de vision monoculaire ;

- Fig.3, un schéma détaillé du trajet optique de la voie image d'une chaîne de vision monoculaire ;

- Fig.4, le schéma partiel de la figure 3 en vue de dessus pour montrer le cheminement correspondant des rayons dans ce plan ;

- Fig.5, un schéma représentatif du montage binoculaire et du recouvrement des champs, en vue de dessus ;

- Fig.6, un schéma correspondant à celui de la figure 5 pour illustrer le recouvrement de chaque zone de rendement photométrique nul par l'autre champ monoculaire, respectivement.

- Fig.7, un schéma de la partie optique collimatrice holographique relatif à un mode de réalisation ;

- Fig.8, un schéma relatif à une réalisation de l'optique relais.

L'invention concerne un appareil viseur, adaptable sur casque, dont le champ binoculaire peut atteindre $60^\circ \times 120^\circ$ et dont l'allure générale en exploitation est indiquée sommairement sur la figure 1. Il se compose de deux parties semblables chacune assurant une vision monoculaire et comportant successivement : un générateur 1A-1B d'une image lumineuse à collimater, une formule optique relais 2A-2B, et un ensemble optique de collimation et de combinaison composé d'un élément optique mélangeur holographique 3A, 3B, et de deux éléments optiques collimateurs holographiques 4A-4B.

L'élaboration de l'image peut être faite au moyen d'un tube cathodique miniature 1A-1B pour chaque oeil. Les images peuvent être identiques ou différentes. L'optique relais 2A-2B est coudée pour des raisons d'encombrement au moyen par exemple d'une structure prismatique. L'élément optique mélangeur 3A-3B est constitué à l'aide d'une lame plane qui assure la transmission de voie du paysage extérieur et la réflexion de la voie image issue du tube. La lame plane comporte un hologramme afin d'augmenter le rendement photométrique sur la voie du tube en ne réfléchissant que le spectre réduit de longueur d'onde correspondant à la voie image et en transmettant toutes les autres longueurs d'onde du spectre visible sans atténuation. L'optique collimatrice 4A-4B dite combineur dans ce qui suit, collimate à l'infini l'image venant de l'optique relais et réfléchit par la lame 3A-3B, et elle transmet sans modification le rayonnement lumineux de la voie paysage.

La figure 2 montre la combinaison des éléments intervenant en vision monoculaire. Sur ce schéma simplifié sont indiqués trois hologrammes H1, H2 et H3 posés respectivement sur la lame mélangeuse 3A et sur deux éléments optiques 41 et 42

constituant le combineur 4A. L'élément optique 41 a une forme sphérique ; l'élément optique 42 a une forme également sphérique mais de moindre courbure. L'ensemble forme une optique biconvexe utilisée sur l'axe.

Les figures 3 et 4 illustrent le cheminement optique de la voie image pour chaque chaîne de vision monoculaire. Les rayons de champ sont représentés pour trois directions la direction axiale et deux directions symétriques par rapport à la direction axiale. On remarque que la direction de l'axe central ou axe optique du système, ne subit pas de collimation. Ceci entraîne une zone de rendement photométrique nul et donc un trou noir dans le champ monoculaire. Ce défaut est compensé par le recouvrement des champs en binoculaire, comme on le verra ultérieurement. La pupille de l'oeil P_o (plus précisément il s'agit de la boîte à oeil, c'est-à-dire de la zone où l'on peut déplacer l'oeil sans altérer la vision) est conjuguée de la pupille de l'optique relais. Le champ en site représenté sur la figure 3A correspond à $\pm 30^\circ$ et celui en gisement apparaissant sur la figure 4 en vue de dessus est de $\pm 42,5^\circ$ soit 85° latéral pour 60° de haut en vision monoculaire.

La figure 5 illustre le recouvrement des champs en vision binoculaire les yeux étant à la distance D1 de l'ordre de 6,5cm, les optiques de collimation 4A-4B étant disposées comme représentées, faisant entre elles un angle assurant le recouvrement désiré, par exemple de 50° dans la réalisation concernée, de manière à couvrir le trou noir axial relatif à la vision monoculaire de l'autre oeil comme l'illustre la figure 6. Les champs nonoculaires gauche et droite, de forme circulaire, y sont référencés CG et CD. Le tronçage en hauteur résulte de la taille et des dimensions des lames mélangeuses 3A-3B placées en amont (voir Fig.1).

Les caractéristiques optiques du viseur sont les suivantes pour la réalisation considérée : champ monoculaire circulaire de 85° ; champ binoculaire 60° en vertical par 120° en horizontal ; pupille d'oeil P_o considérée de 15mm de diamètre ; rendement sur la voie image ou voie du tube 40%, rendement sur la voie du paysage 30% ; diamètre de la tache sur la voie image 1,5mrd environ au centre du champ monoculaire à 3,5mrd environ à 40° . Le viseur selon l'invention présente un haut rendement photométrique, tant sur la voie image que sur celle du paysage. Cette nette amélioration résulte essentiellement de l'utilisation du combineur collimateur holographique 4A-4B.

Le combineur holographique 4A-4B se comporte comme un système afocal sur la voie du paysage c'est-à-dire de la vision extérieure. Sa focale est déterminée en fonction de l'encombrement sur la voie image. Les aberrations sur la voie image et la distorsion sur la voie paysage sont minimisées. Les rendements photométriques sur les deux voies sont maximisés, ainsi que le diamètre de la pupille ou boîte à oeil P_o .

L'architecture du combineur apparaît sur les figures 3 et 4. Le combineur est constitué de deux hologrammes diffractant par réflexion les rayons venant du tube générateur d'image qui correspon-

dent donc a une longueur d'onde fixée ou à une bande spectrale très réduite, sont transmis par l'hologramme H2, ensuite diffractés par réflexion par l'hologramme H3, puis diffractés par réflexion par l'hologramme H2, et enfin transmis par l'hologramme H3. Ceci est rendu possible par le fait qu'un hologramme est un composant optique qui, à longueur d'onde fixée, diffracte les rayons tombant à une incidence donnée et transmet sans transformation le rayonnement tombant aux autres incidences. Les rayons venant du paysage qui contiennent les longueurs d'onde du spectre visible sont transmis par l'hologramme H2 puis par l'hologramme H3. Ceci est dû au fait, qu'à incidence fixée, un hologramme ne diffracte que les rayons d'une longueur d'onde fixée et transmet sans transformation les rayons des autres longueurs d'onde. Ainsi le spectre visible est quasi-intégralement transmis à l'exception du spectre restreint affecté à la diffraction de la voie d'image.

Sur la voie image, au centre de chaque champ monoculaire, la zone de rendement photométrique nul crée un trou dans le champ de 14° de diamètre environ. L'utilisation en binoculaire avec le recouvrement de champ indiqué à l'aide des figures 5 et 6 permet de remédier à ces deux trous de rendement nul. De plus, afin d'accroître le rendement photométrique du combineur sur la pupille, la modulation d'indice de chacun des deux hologrammes H2 et H3 peut être réalisée variable suivant le point considéré sur ces hologrammes. Les hologrammes H2 et H3 sont du type miroir c'est-à-dire qu'ils n'agissent qu'en tant que filtres interférentiels. La fonction optique d'un tel hologramme est égale à celle de son support. L'hologramme miroir est réalisé de manière connue, en disposant la couche de matériau photosensible à enregistrer entre une lame de verre qui constitue son support et un miroir d'enregistrement de même courbure. Un liquide adaptateur d'indice peut être prévu entre le matériau photosensible et le miroir.

La figure 7 indique les paramètres à considérer pour un exemple de réalisation du combineur. Ces paramètres sont les rayons de courbure R1 à R6 et les positions sur l'axe optique d1 à d7 des différentes lames du combineur c'est-à-dire les supports 41 et 42 en verre, ou matériau transparent, et les hologrammes H2 et H3. La distance d1 correspond à la distance entre la pupille de l'oeil P_o et l'hologramme H3. De même la distance d7 représente la distance entre l'hologramme H2 et la lame mélangeuse 3A. Les positions d1 à d7 sont successivement axiales. Elles sont indiquées ci-après ainsi que les rayons R1 à R6, les dimensions sont en millimètres :

d₁ = 38 R₁ = 3100
d₂ = 1 R₂ = 530
d₃ = 4 R₃ = 6000
d₄ = 10 R₄ = 100
d₅ = 4 R₅ = 93
d₆ = 1 R₆ = 110
d₇ = 20

La lame plane holographique 3A ou 3B assure le mixage entre la voie du paysage et celle du tube. L'hologramme utilisé est également du type miroir. La lame est inclinée par rapport à l'axe du combineur, par exemple de 40 à 45°.

La figure 8, représente en développée l'optique relais 2A déjà visible en détail sur la figure 3 et qui assure le transport de l'image du tube 1A vers le combineur 4A après réflexion sur la lame plane holographique 3A. Cette optique compense les aberrations résiduelles du combineur. Pour la réalisation proposée, elle se compose d'un montage de huit lentilles et d'un prisme. Le premier élément L1 constitue un ménisque convergent. Vient ensuite un doublet L2, L3 groupant un ménisque divergent et un ménisque convergent ; on trouve ensuite un triplet L4, L5, L6 constitué d'une lentille biconcave L4, une lentille biconvexe L5 et d'un ménisque convergent L6. L'élément L7 est un ménisque convergent et l'élément L8 une lentille biconvexe. Le prisme terminal P permet le repli du trajet optique et est terminé par des faces courbes venant épouser d'un côté le dioptre sphérique correspondant de la lentille L8 et se situant de l'autre côté devant l'écran du tube dont l'épaisseur de verre est représentée par la pièce terminale V.

Le viseur binoculaire proposé permet un grand champ d'observation ; il peut être monté sur un casque. Les applications essentielles envisagées sont l'aide à la navigation des pilotes d'avions ou d'hélicoptères, ainsi que la simulation de pilotage.

Le générateur d'image 1A ou 1B peut être réalisé différemment, avec une matrice à cristaux liquides par exemple.

Revendications

1. Viseur binoculaire utilisable sur casque, comprenant, en vision monoculaire un dispositif collimateur qui rassemble successivement : un générateur d'une image lumineuse à collimater, une formule optique relais, et un ensemble optique de collimation et de combinaison, cet ensemble étant composé d'un élément optique mélangeur pour transmettre la voie du paysage et réfléchir la voie image et étant suivi d'un combineur constitué de deux éléments optiques dont un sphérique utilisé sur l'axe pour transmettre les deux voies avec collimation de la voie image, ledit viseur étant caractérisé en ce que l'élément mélangeur (3A-3B) ainsi que les deux éléments optiques combineurs (41, 42 ; 4A-4B) comportent chacun un hologramme (H1, H2, H3), les deux éléments optiques (41, 42) du combineur (4A-4B) formant un ensemble biconvexe disposé en aval de l'élément optique mélangeur (3A-3B) constitué par une lame, ledit dispositif collimateur assurant la vision monoculaire étant doublé pour assurer la vision binoculaire.

2. Viseur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'hologramme (H1) de l'élément

optique mélangeur (3A-3B) est déterminé pour assurer une transmission optimale de la voie paysage et une réflexion optimale du spectre limité correspondant à la voie image, et que les hologrammes (H2,H3) des éléments optiques combineurs (4A-4B) produisent la diffraction par réflexion dans une bande spectrale délimitée correspondant à la voie image et la transmission quasi intégrale du visible de la voie paysage.

3. Viseur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le rayonnement de la voie image est réfléchi par l'élément optique mélangeur (3A-3B), puis transmis par un premier hologramme (H2) du combineur, diffracté par un deuxième hologramme (H3) du combineur, diffracté à nouveau par le premier hologramme du combineur (H2), et enfin transmis par le deuxième hologramme (H3) du combineur vers l'observateur, à l'exception du rayonnement axial qui produit une zone de rendement photométrique nul.

4. Viseur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le combineur (4A,4B) est constitué par des supports (41,42) en matériau transparent et desdits premier et deuxième hologrammes (H2,H3) dont les positions et épaisseurs axiales et rayons de courbure sont les suivants, exprimés en millimètres :

$d_1 = 38$ $R_1 = 3100$ (H3)
 $d_2 = 1$ (H3) $R_2 = 530$ (H3-42)
 $d_3 = 4$ (42) $R_3 = 6000$ (42)
 $d_4 = 10$ $R_4 = 100$ (41)
 $d_5 = 4$ (41) $R_5 = 93$ (41-H2)
 $d_6 = 1$ (H2) $R_6 = 110$ (H2)
 $d_7 = 20$

d_1 étant la position dudit premier hologramme (H3) par rapport à la pupille d'observation (P_o) et d_7 la position dudit deuxième hologramme (H2) par rapport à la lame mélangeuse (3A,3B).

5. Viseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les combineurs (4A-4B) sont décalés angulairement de manière à produire des recouvrement de champ (CG,CD) qui éliminent l'effet de rayonnement axial non collimaté dans chaque champ de vision monoculaire.

6. Viseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les hologrammes (H1,H2,H3) sont du type miroir.

7. Viseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les hologrammes (H2,H3) du combineur sont à modulation d'indice variable.

8. Viseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'optique relais (2A,2B) compense les aberrations résiduelles du combineur et est constituée au moyen de huit lentilles et d'un prisme de repli, les lentilles comportant un ménisque convergent (L1), un doublet (L2,L3), un triplet (L4,L5,L6), un ménisque convergent (7) et une

lentille biconvexe (L8), le prisme (P1) étant terminé par des surfaces courbes dont l'une épouse une face correspondante de la lentille biconvexe (L8), l'autre face courbe étant placée en vis-à-vis du dispositif générateur d'image (V).

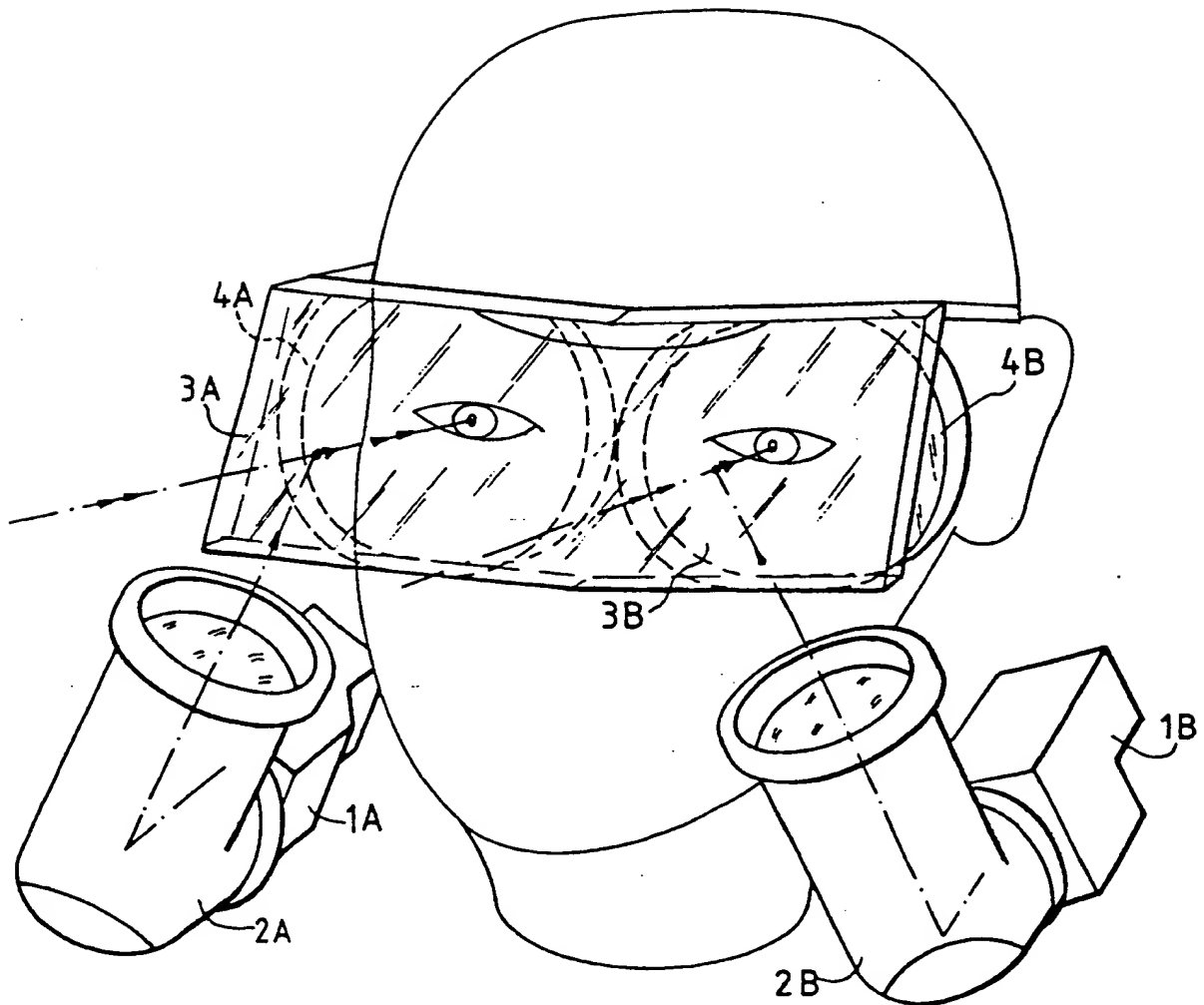


FIG. 1

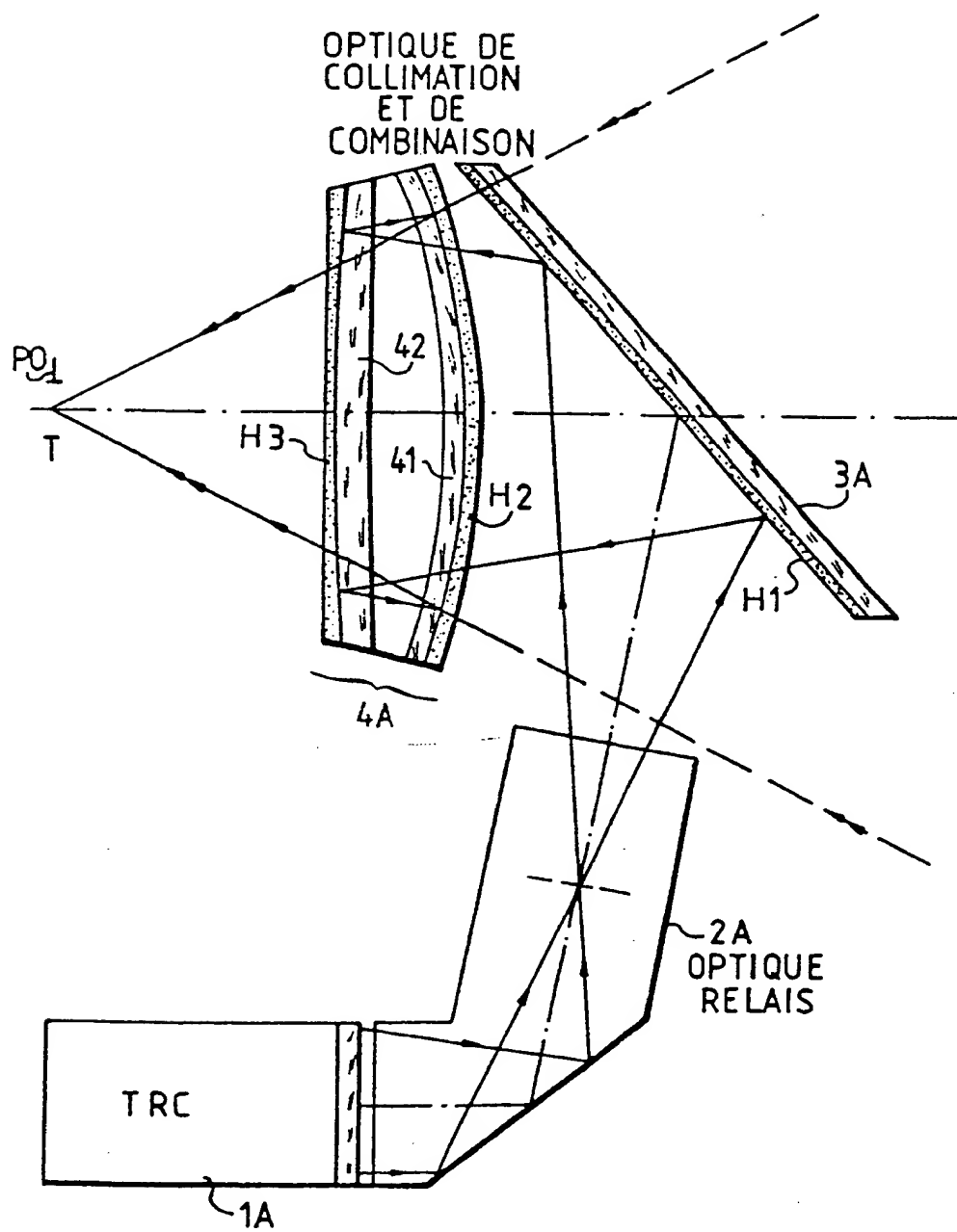
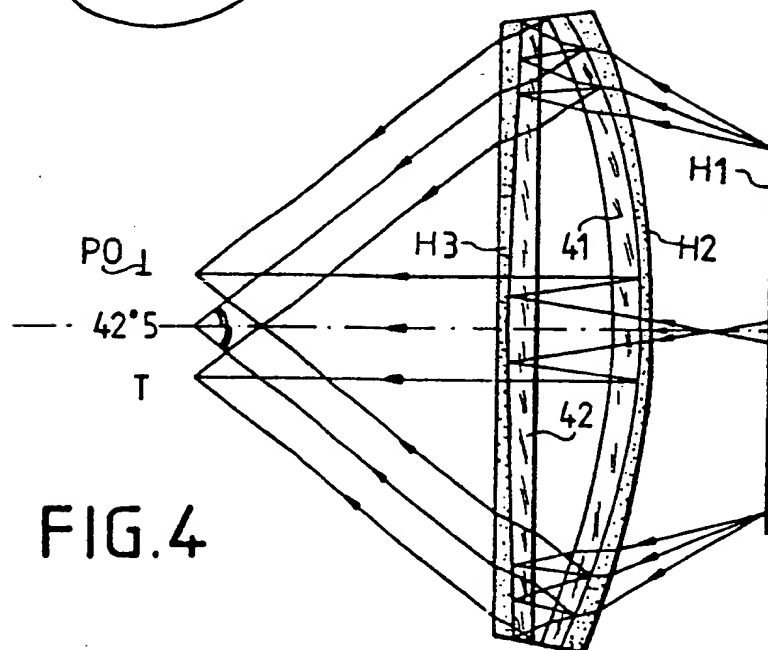
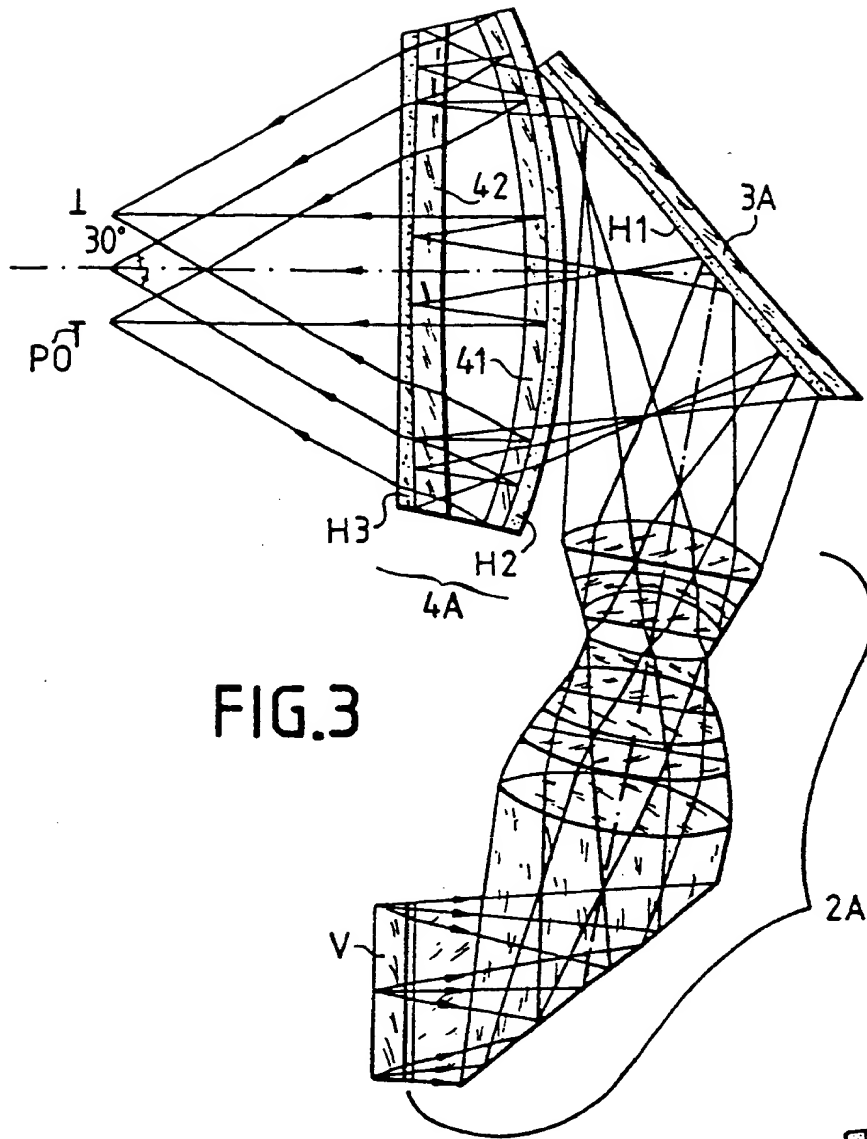
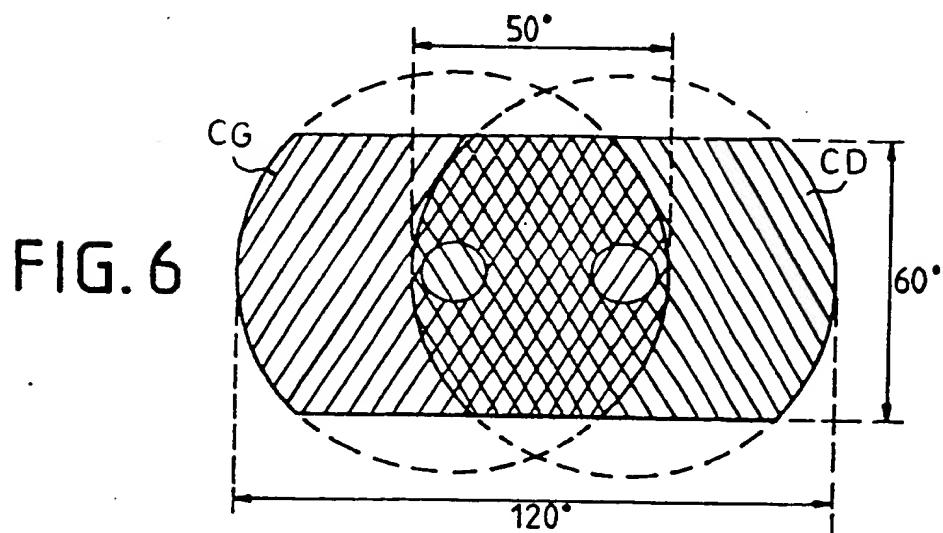
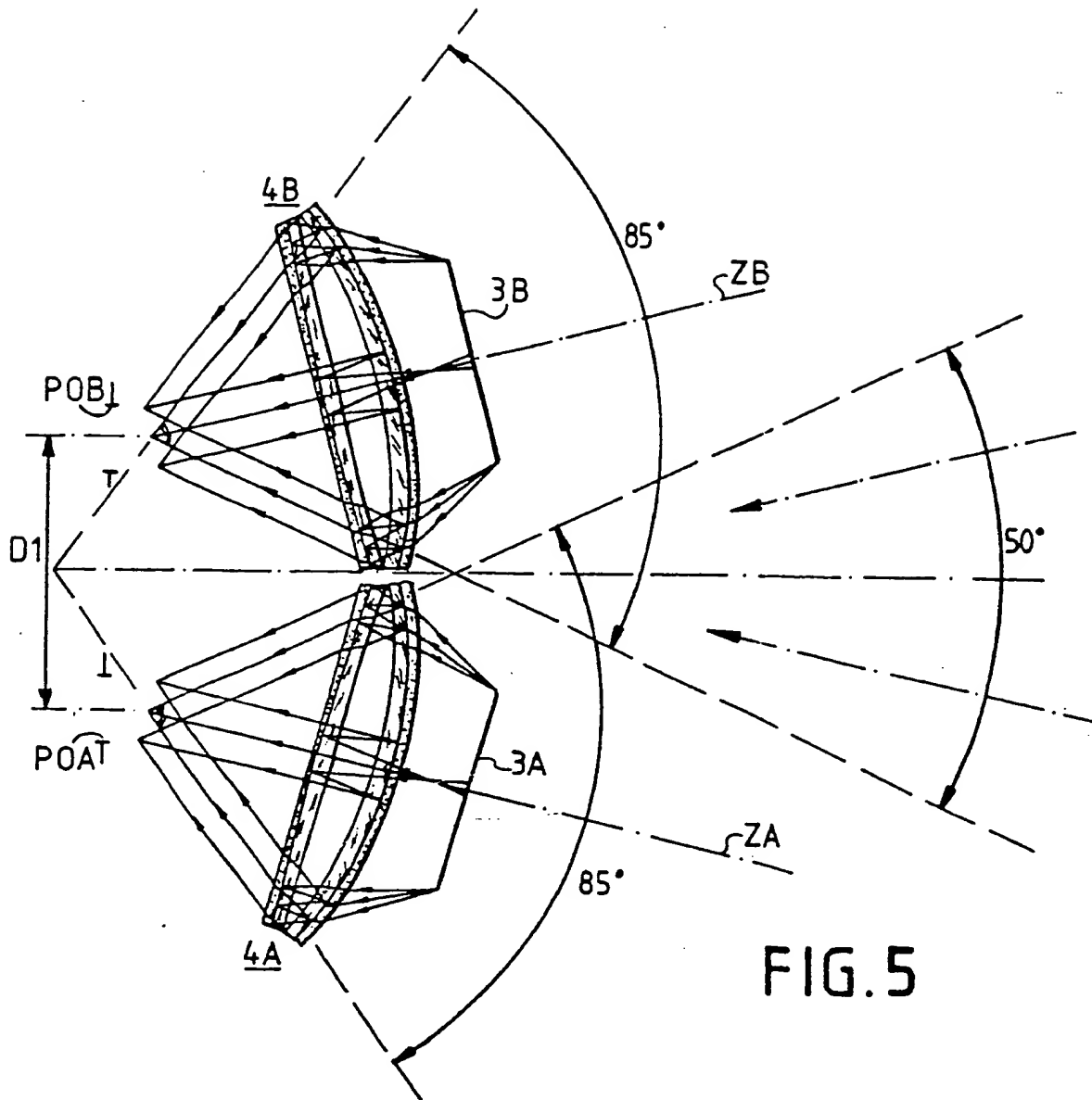
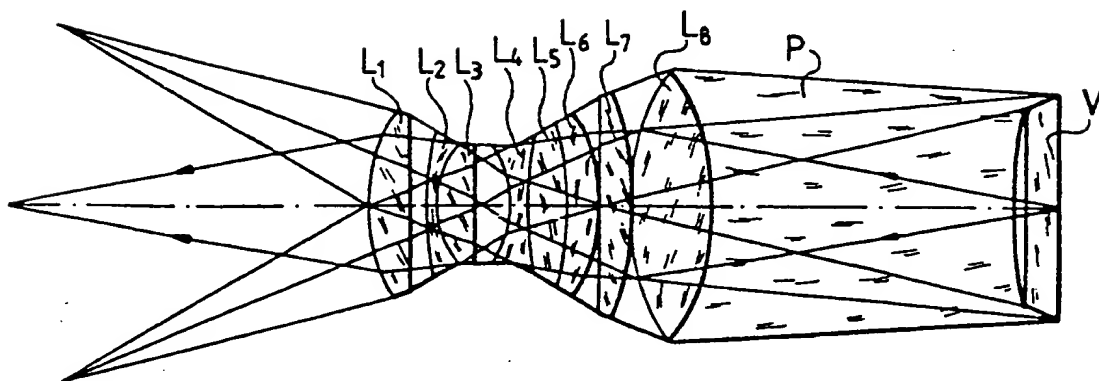
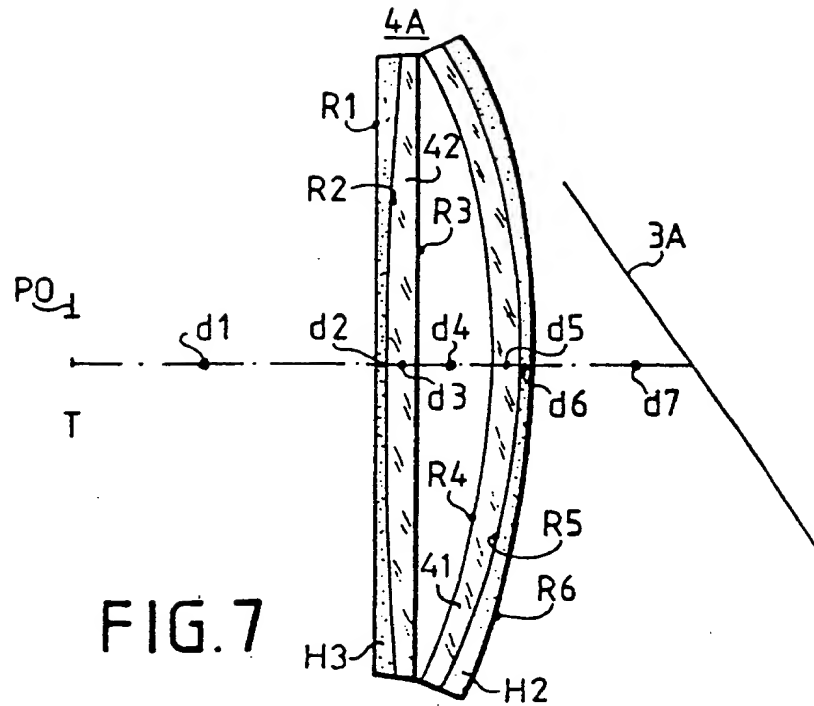


FIG.2









Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 88 40 0701

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	PROCEEDINGS OF THE IEEE 1981, NATIONAL AEROSPACE AND ELECTRONICS CONFERENCE NAECON 1981, Dayton Convention Center, 19-21 mai 1981, vol. 3, pages 1261-1268, IEEE, Dayton Section Aerospace and Electronics Systems Society, New York, US; R.L. BERRY et al.: "The lantirn wide field-of-view raster head-up display" * Figures 4,7; page 1266, colonne 1, lignes 7-34; colonne 2, lignes 1-8 *	1-3,5,8	G 02 B 27/00
A	EP-A-0 170 523 (GRUMMAN AEROSPACE CORP.) * Figures 6,8; page 7, lignes 12-37 *	1-3	
D,A	OPTICAL ENGINEERING, vol. 24, no. 5, septembre/octobre 1985, pages 769-780, Society of Photo Optical Instrumentation Engineers, Bellingham, US; J.R. MAGARINOS et al.: "Holographic mirrors" * Page 776, colonne 1, ligne 29 - page 778, colonne 2, ligne 2 *	1-3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	EP-A-0 007 039 (HUGHES AIRCRAFT CO.) * Figure 1; résumé *	1,5,8	G 02 B 27/00
A	EP-A-0 077 193 (MARCONI AVIONICS LTD) * Revendications *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 01-07-1988	Examineur WESBY P.B.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			